

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-209909

(P2001-209909A)

(43) 公開日 平成13年8月3日 (2001.8.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/31

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

テームコード\* (参考)

D 5 D 0 3 3

C 5 D 0 3 4

F

K

5/39

5/39

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-18473 (P2000-18473)

(22) 出願日 平成12年1月27日 (2000.1.27)

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 美馬 宏行

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
会社電子部品工場内

(72) 発明者 鳥居 善三

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
会社電子部品工場内

(72) 発明者 益田 賢三

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
会社電子部品工場内

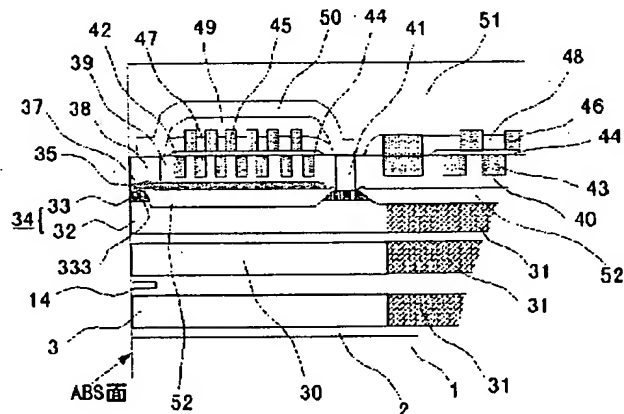
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 記録再生分離型磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 狭トラック幅、ギャップ深さの制御、放熱性の向上等により記録再生分離型磁気ヘッドを小型化し、高容量化、高転送速度化する。

【解決手段】 下部磁極が2層の磁性材で構成され下部磁極の凸部でギャップエイベックスを形成し、磁極部幅（トラック幅）と同一幅に第2下部磁極層が形成され、磁極部および最下層コイル、磁極柱が同一面に形成され、後部上層コイルの少なくとも上面は保護膜と直接接する記録ヘッド部が形成される。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも磁気記録面側においてギャップ層を挟んで対峙させて磁気回路を構成する下部磁極と上部磁極を備えた記録再生分離型磁気ヘッドであって、上部磁極は磁極部と磁極柱とヨーク部を備え、前記磁極部は磁気媒体対向面側においてギャップ層を介した下部磁極に形成されたギャップ深さ規定用凸部上に形成され、前記ヨーク部は磁極部の上部面と磁極柱の上面においてほぼ同一高さで磁気的に接続することを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項2】 請求項1記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、下部磁極は磁気特性の異なる磁性材料からなる2層構造であり、ギャップ層側に用いられる第2下部磁極層の磁性材料は再生素子側の第1下部磁極層の磁性材料に比べ、高飽和磁束密度であることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項3】 請求項2記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、下部磁極の少なくとも一部は電気めっきで形成され第1下部磁極層を電気めっきした後第2下部磁極層を連続して電気めっきもしくはスパッターで形成したことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項4】 請求項2または3のいずれかに記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、第2下部磁極層厚は第1下部磁極層厚より薄いことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項5】 請求項2～4のいずれかに記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、第2下部磁極層はギャップ深さ規定用凸部および磁極柱との接続部を除いてイオンミリング等により除去されていることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項6】 請求項5記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、第2下部磁極層が取り除かれた部分には、非磁性絶縁材が設けられていることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項7】 請求項5または6記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、第2下部磁極層上に設けた葎形状フォトレジストマスクを用い、第2下部磁極層のイオンミリング除去および、非磁性絶縁材をスパッターすることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項8】 請求項6記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、凸状に形成された第2下部磁極層の端部に非磁性絶縁材が乗り上げていることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項9】 請求項2記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、磁極柱と接触する側の第2下部磁極層の面積は磁極柱の面積より大きいことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項10】 請求項5記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、ギャップ深さ規定用凸部の後端は、ヨークの端部より媒体対向面側にあることを特徴とする記録再

生分離型磁気ヘッド。

【請求項11】 請求項6記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、ヨーク断面積と磁極柱の接続部面積は略同じであり、ヨークに囲まれていない非磁性絶縁材を含むコイル部分にはヨークがかからないことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項12】 0.4  $\mu$ m以下の磁極部幅（トラック幅）形成マスク用フォトレジストはエレクトロンビーム（EB）機を用いマスク用フォトレジストを直接露光し形成したのち、磁極部幅形成フォトレジストをプラズマを用いたドライエッチングで形成されたものであり、これらを用いて作製したことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項13】 少なくとも磁気記録面側においてギャップ層を挟んで対峙させて磁気回路を構成する下部磁極と上部磁極を備えた記録再生分離型磁気ヘッドであって、上部磁極は磁極部と磁極柱、ヨーク部を備え、最下層コイルの上部面とコイル層間の非磁性絶縁材の上部面、磁極部の上部面、磁極柱の上部面は略同一面であることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項14】 請求項13記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、非磁性絶縁材にコイル幅となる溝を掘り、溝内に非磁性金属を充填し最下層コイルが形成されていることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項15】 請求項13または14記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、最下層コイルおよび非磁性絶縁材、磁極部、磁極柱を同時にケミカルメカニカルポリッシング（CMP）加工で、各々の上部面を略同一面に形成したことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項16】 請求項14記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、非磁性金属材を充填してなるコイルの非磁性絶縁材の溝は、プラズマを用いたドライエッチングを用い形成されたことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項17】 請求項13記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、最下層コイルの上部面に非磁性絶縁材を形成し、非磁性絶縁材の上に上層コイルを形成したことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項18】 請求項17記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、上層コイルはフォトレジストのコイルパターンに合わせ非磁性金属を電気めっきで形成した後、前部上層コイルを非磁性絶縁材で覆い、ヨークとの電氣的絶縁を図ったことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項19】 請求項18記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、後部上層コイルの非磁性金属はコイル間を埋める非磁性絶縁材で少なくとも覆われていず、素子全体をカバーする保護層と直接接触していることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項20】 請求項18記載の記録再生分離型磁気ヘ

ッドにおいて、前部上層コイルのヨークに覆われていない部分と後部上層コイルの非磁性金属はコイル間を埋める非磁性絶縁材で少なくとも覆われていず、素子全体をカバーする保護膜と直接接触していることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項21】請求項19もしくは20記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、後部上層コイルの非磁性金属は、素子全体をカバーする保護膜と直接接触していることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項22】請求項2において、磁極部および磁極柱と対向する部分を除いて下部磁極の第2下部磁極層が除去されていることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項23】請求項2記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、磁極部幅と磁極部と対向する第2下部磁極層の幅が同一であることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項24】請求項22または23記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、第2下部磁極層の幅は、磁極部をマスクとしてプラズマを用いたドライエッチングによって形成されることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項25】請求項2記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、ギャップ材と第2下部磁極層が磁極幅と同寸法に形成されていることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項26】請求項2記載の記録再生分離型磁気ヘッドにおいて、第2下部磁極層中央部と下部磁極端部で、第1下部磁極層の厚みの差が20%以下であることを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項27】少なくとも磁気記録面側においてギャップ層を挟んで対峙させて磁気回路を構成する下部磁極と上部磁極を備えた記録再生分離型磁気ヘッドであって、請求項1～26記載の内容を少なくとも一つ以上備えたことを特徴とする記録再生分離型磁気ヘッド。

【請求項28】請求項1～27のいずれかに記載の、記録再生分離型磁気ヘッドをスライダに組込み、磁気記録面を浮上するものとした磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録再生分離型の磁気ヘッドに関し、特に基板上に下部磁極、磁気ギャップ層、コイルおよび上部磁極層を形成してなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドの記録ヘッドの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】記録再生分離型磁気ヘッドは、記録ヘッド部と再生ヘッド部とを分離して備えるヘッドであり、MRヘッドやGMRヘッド、TMRヘッド等が知られている。

【0003】記録ヘッド部の一構成として、膜状の下部

磁極と上部磁極の間にギャップ層を設け、上部磁極と下部磁極とを磁氣的に接続し、上部磁極と下部磁極の接続部周囲にコイル層を設け、上部磁極を保護層で覆う薄膜磁気ヘッドが知られている。

【0004】図6、7は記録再生分離型磁気ヘッドの一構成例の概略図および断面図である。図6、7において、記録再生分離型磁気ヘッドは、記録ヘッド部110と再生ヘッド部210とを備える。記録ヘッド部110は、下部磁極15と上部磁極16とをギャップ層18を挟んで対面して配置させて構成している。また、再生ヘッド部210は、下部シールド3と上部シールド15（図6、7は上部シールドと下部磁極を兼ねている構造である）との間に再生素子14を配置して構成している。また、記録ヘッド部および再生ヘッド部と外部との間は引き出し端子を介して接続している。記録ヘッド部および再生ヘッド部はアルミナ等の非磁性材12で全体を覆うようにして保護している。詳細な説明は省くがアルミナチタンカーバイド等の基板1およびアルミナ2、下部シールド3、コイル17等を構成として含んでいる。

【0005】なお、以下の説明では、主に記録ヘッド部分のみを示し、再生ヘッド部分については省略する。また、記録再生分離型磁気ヘッドは単に磁気ヘッドとして説明を行う。

【0006】磁気記録媒体に対する記録は、磁気ヘッドのギャップ層の先端面を磁気記録媒体に対向させ、下部磁極、磁気記録媒体、上部磁極によって磁気回路を形成し、この磁気回路にコイルで発生する磁界変化を利用して行っている。

【0007】図8-a)に、特開昭55-84020号公報に記載されている従来の磁気ヘッドの記録部の記録媒体対向面から見た平面図を示す。図8-b)に記録媒体に垂直な断面を見た断面図を示す。この磁気ヘッドは、記録トラック幅より下部磁極は大きく形成され、上部磁極幅でトラック幅を規定している。

【0008】図9-a)に、特開平6-28626号公報に記載されている従来の磁気ヘッドの記録部の記録媒体対向面から見た平面図を示す。上部磁極を磁極部21とヨーク部23に別けてある。上部磁極の磁極部21と下部磁極の磁極部22のトラック幅を同一に形成している。図9-b)に記録媒体に垂直な断面を見た断面図を示す。

【0009】下部磁極と上部磁極の幅を同じにする方法として、上部磁極16をマスクとしてイオンミリングを用い下部磁極15の一部を削り同一トラック幅とする方法が、特開平10-143817号公報に記載されている。図10-a)にその磁気ヘッドの記録部の記録媒体対向面から見た平面図。図10-b)に記録媒体に垂直な断面を見た断面図を示す。

【0010】

【発明の解決しようとする課題】磁気ヘッドの小型化や磁気ヘッドを用いた磁気記録装置の高容量化に伴って、より狭いトラック幅で高精度の磁気ヘッドが求められている。0.78~1.5 Gb/cm<sup>2</sup> (5~10 Gb/in<sup>2</sup>) の記録密度ではトラック幅は0.7~1.5  $\mu$ mであるが、4.65 Gb/cm<sup>2</sup> (30 Gb/in<sup>2</sup>) を超え10.85 Gb/cm<sup>2</sup> (70 Gb/in<sup>2</sup>) と近くなるとトラック幅は、0.2~0.4  $\mu$ m と非常に狭いものになってしまう。図8に示した構造では、上部磁極をめっきで作製するときに用いるレジストフレームの作製が困難である。上部磁極はコイルの上部部分とトラック部で5~20  $\mu$ mの段差を持つため、フォトレジストを塗った場合、コイル上部よりトラック部が厚くなってしまふ。コイル上部で4  $\mu$ mのレジスト厚みでもトラック部は約10  $\mu$ m近くなってしまふ。この10  $\mu$ mのレジストを露光して例えば0.6  $\mu$ mのトラック幅を作るのは全く不可能であった。

【0011】また、図8に示すように、上部磁極と下部磁極の幅が異なる構成では、上部磁極と下部磁極の両側縁部の間に洩れ磁界が発生し磁気記録にとって好ましくないサイドフリッジングが発生することになる。このサイドフリッジングの発生は記録密度向上には好ましくないものである。

【0012】狭トラック幅の実現と、サイドフリッジングの発生を抑える方法として、図9に示したような上部と下部磁極を磁極部分とヨーク部分に分離した構造のヘッドが提案されている。本方式では、上下の磁極部の幅が同一になるためサイドフリッジングは、大幅に改善されている。しかしながら、上下の磁極部を同一のレジストを用いるためレジストの厚さを薄くすることは難しく、そのため1  $\mu$ m以下の狭トラック幅を実現することは難しいものである。

【0013】上下磁極部が同一トラック幅で、狭トラック幅が実現できる方法として図10に示したように、上部磁極部をマスクとして、下部磁極の上部磁極部と対向している部分を削ぎ、イオンミリングで下部磁極を削る方法がある。イオンミリングはアルゴン等のイオンを膜にぶつけることで膜を削るため、削られた膜の屑が磁極部に再付着してしまう。再付着物を除去するためイオンが上下磁極部側面にも当たるように、磁気ヘッド基板を傾けることが必要である。このように再付着を防ぐために磁気ヘッド基板を傾けることにより、磁極部の側面が僅かに削られトラック幅の精度を落とすことになるだけでなく、下部磁極にテーバーが付いてしまう欠点があった。

【0014】以上述べたように従来の方法には一長一短があり、狭トラック幅で寸法精度が良く、サイドフリッジングを防ぐための上下磁極部同一幅を実現することは限界が生じている。

【0015】また、記録密度向上だけではなく、データ転送速度を上げることが要求されている。データ転

送速度を上げるには、磁気記録媒体の回転速度を上げ磁気ヘッドの記録周波数を上げる必要がある。データ転送速度を上げるため5400rpmから10000rpmを超える回転数になってきている。これに伴い記録周波数も200MHzから500MHzを超える周波数が求められてきている。

【0016】高密度化、高転送速度化を実現することは、磁気ヘッドだけでは不可能であることは自明であるが、磁気ヘッドとしては磁気回路の小型化を行い、インダクタンスを下げる必要がある。インダクタンスを下げるためには、コイルの巻数を減らすことおよび磁気回路を小さくすることである。単にこれらを行って記録媒体を磁化出来なくなつては、全く意味の無いことであり、磁気回路に用いられる磁性材料および磁気回路構造を変更していく必要がある。

【0017】磁気回路を小さくするということは、小さな領域にコイルを詰め込むことになる。コイルに電流を流せばジュール熱が発生し、磁気ヘッドの温度が上がることになる。発生した熱を速やかに放散しないと磁気ヘッドの特性が劣化し、高密度、高転送速度が達成出来なくなる。

【0018】そこで、本発明は前記した従来の問題点を解決して、磁気ヘッドの小型化、高密度化対応、高転送速度化対応をすることを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の一つは、図1に示すように上部磁極は磁極部38と磁極柱41とそれらを磁気的に結合するヨーク部50を備え、磁極部38でトラック幅を規制できるので狭トラック化対応が容易となる。前記磁極部38は磁気媒体対向面側（以下ABS側と言う）においてギャップ層35上および該ギャップ層35下の下部磁極34に形成されたギャップ深さ規定用凸部333上に形成されており、前記ヨーク部50は磁極部38の上部面と磁極柱41の上部面で、ほぼ同一の高さで磁気的に結合されているものである。一般には磁気ヘッドのギャップ深さは、主にコイルを覆うように設けられた非磁性絶縁材、主にフォトレジストを用い220~300℃でベーク、硬化してその端部でギャップ深さ頂点（以下ギャップエイバックスと言う）を決めていた。本発明では、下部磁極に設けられたギャップ深さ規定用凸部333で規制することが出来るものである。

【0020】ギャップ深さ規定用凸部333を備える下部磁極34は、磁気特性の異なる磁性材料からなる2層となっている。ギャップ層側に位置する第2下部磁極層33は、再生素子側に位置する第1下部磁極層32に比べ高飽和磁束密度であることが好ましい。例えば第2下部磁極層33は、NiFeCo合金（Ni10~50wt%、Fe15~40wt%、Co25~80wt%の組成）のような、飽和磁束密度1.8~1.9(T)の材料を用い、第1下部磁極層32はNiFe合金（Ni

40~60wt%, Fe60~40wt%の組成)のよう、飽和磁束密度1.5~1.6(T)の材料を用いることができる。第1下部磁極層32は第2下部磁極層33に比べ、電気抵抗 $\rho$ が大きいことが好ましい。第2下部磁極層33に第1下部磁極層32より高飽和磁束密度の材料を用いるのは、高保磁力の磁気記録媒体の磁化に十分な記録磁界を与えるためである。

【0021】下部磁極34の第1および第2下部磁極層32、33は、めっきもしくはスパッターで形成することができる。NiFe系合金の様に電気めっきが容易な磁性材料はめっきで形成、CoTaZr系合金の様に電気めっきが難しい磁性材料についてはスパッターを用いて形成することが好ましい。ここで第1下部磁極層32を形成したのち、第2下部磁極層33を形成するまでに、大気に長時間晒さないことが重要である。電気めっきで第1下部磁極層32を形成した場合は、乾燥させず純水等で表面を濡らした状態で第2下部磁極層33を形成するめっきを開始する。また、スパッターの場合は、第1下部磁極層32を形成した後、スパッター装置の真空を破り大気に晒し第1下部磁極層32の表面を酸化させないように注意する。同一のスパッター装置内で第2下部磁極層33を形成することが好ましい。第1下部磁極層32と第2下部磁極層33の接合境界面に酸化層が出来ると、磁気抵抗が増加し磁気ヘッドの記録特性が低下するためである。第1下部磁極層32を電気めっきで形成し第2下部磁極層をスパッターを用いて形成するもしくは、第1下部磁極層をスパッターで形成し第2下部磁極層を電気めっきで形成することも可能である。この場合は、第1下部磁極層形成終了後、速やかに第2下部磁極層を形成するか、真空容器または不活性ガス充填容器に保管することが重要である。酸化層が形成されたと思われる時は、第2下部磁極層33を形成する前に、イオンミリング等を用い第1下部磁極層32の表面酸化層を除去することが好ましい。

【0022】第1下部磁極層32厚より第2下部磁極層33厚は薄いことが好ましい。また、第1下部磁極層厚は第2下部磁極層厚の最低2倍以上の厚みを持つことが好ましい。より好ましくは3倍以上の厚みを持つものである。第1下部磁極層32は第2下部磁極層33より電気抵抗 $\rho$ の大きな材料を使うことで、高周波における渦電流損を低下させることができる。高飽和磁束密度で電気抵抗の大きな材料を使えば第1と第2下部磁極層に別ける必要もないのであるが、両方の特性を満足できる磁性材料は簡単には入手できないのが現状である。前述したNiFeCo系合金は飽和磁束密度は、1.8~1.9(T)と高いが、電気抵抗 $\rho$ は20~30( $\mu\Omega\text{-cm}$ )、NiFe系合金は飽和磁束密度1.5~1.6(T)と低い、電気抵抗 $\rho$ は50~60( $\mu\Omega\text{-cm}$ )と高い。これらの各々の持つ特性を組み合わせることで、高周波での損失が少なく記録磁界の強い磁気

ヘッドが得られるものである。

【0023】下部磁極34を削ってギャップ深さを決めるギャップエイベックスと、磁極柱の土台となる凸部を形成するのは、下部磁極34の第2下部磁極層33表面にフォトレジストを形成した後、イオンミリングで第2下部磁極層33を除去することで可能である。ケミカルウエットエッチングを用いることもできるが、ケミカルウエットエッチングではサイドエッチングのためギャップエイベックスの位置がばらつく事が多い。また、フォトレジストは茸型の断面を持つ形状が好ましい。茸型の断面を持つフォトレジストを用いることで、茸の形状とイオンミリングのビーム角度で第2下部磁極層33の削られた側面の角度 $\theta_1$ を制御できるものである。第2下部磁極層33の削られた側面の角度 $\theta_1$ は、図2に示すように第2下部磁性層平面部となす角度 $\theta_1$ は25度以上であることが望ましい。25度未満の角度の場合、ギャップ部以外での上部磁極と下部磁極間の磁気漏洩が多くなり、磁束が有効にABS面側に出なくなり、磁気記録特性が低下するためである。ギャップエイベックスの位置のばらつきは記録磁界強度のばらつきに対応するため、ばらつきの少ないことが要求される。イオンミリングによる下部磁極34の削り深さは、第2下部磁極層33を除去する程度で良いが、第1下部磁極層32も削っても良いものである。

【0024】第2下部磁極層33を削った個所には、非磁性で電気抵抗 $10^3\sim10^{10}(\Omega\text{-cm})$ の絶縁材料を充填する。充填絶縁材52としては、アルミニウム、シリコン等の酸化物、炭化物、窒化物等が挙げられる。少なくともフォトレジストより熱伝導率の高い材料が良いことと、スパッターで充填できることが必要である。このスパッターで充填できることは、次項で詳述するがギャップエイベックスを形成する上で重要な条件である。

【0025】茸型フォトレジスト53を用い、第2下部磁性層33を削ったのち茸型フォトレジスト53を除去せず、削った個所に充填絶縁材52をスパッターすることを特徴としている。茸型の断面を持つフォトレジストの笠の幅と厚さおよび茎の高さを利用してスパッターされる材料の笠の下に回り込む量を制御することができ、第2下部磁性層33の斜面近傍に充填絶縁材52が僅か盛り上がるが、ギャップエイベックスを確実に形成することができる。

【0026】第2下部磁性層33を削ったあと、茸型フォトレジスト53を除去し再度柱型のフォトレジストを形成する方法も考えられるが、工数が増えることとフォトレジストの形成される位置の再現性の問題がある。位置がずれると第2下部磁性層33の削られた個所と充填絶縁材52の端部が一致しないことが起こる。本発明の様に、茸型フォトレジスト53を第2下部磁性層33の削りと充填絶縁材52の充填の両方に用いることで、第

2下部磁性層33の削られた個所と充填絶縁材52の端部を自己アライメントさせることができる。ここで言う自己アライメントとは、図2に示す第2下部磁性層33の端部a点と充填絶縁材52の端部b点が、基板角度と葎型フォトレジスト53の笠の厚さ $h_1$ 、笠のはみ出し幅 $w_1$ 、葎の茎の高さ $h_2$ によって決まり、a点とb点の位置関係が決まることを指す。a点とb点の距離は小さければ小さい程好ましいもので、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。a点はb点よりABS面側に位置しても良いものである。葎型に対し柱型フォトレジストを用いて充填絶縁材52をスパッターすると柱型フォトレジストの側面にも、充填絶縁材52が付着し、擬似的なギャップエイベックスが発現するので使用出来ないものである。

【0027】図2に示す様に、自己アライメントされ第2下部磁極層33の平坦部に乗り上げるように形成された充填絶縁材52の端部は、第2下部磁極層33の平坦部に対し角度 $\theta_2$ は、 $20^\circ$ 以下であることが好ましい。充填絶縁材52の乗り上げ高さ $h_3$ は、特に規定する必要はない。充填絶縁材52の端部がb点好ましくはa点で確実に終了していることが好ましいが、破線で示すように裾を引いてもその厚み $h_4$ が、ギャップ層35厚の10%以下であれば問題のないものである。

【0028】磁極柱41が接続される第2下部磁極層33もギャップエイベックスを形成する方法と同一方法でかつ同時に凸部に形成する。ギャップエイベックス部に比べ、第2下部磁極層33の削り角度、充填絶縁材52の乗り上げ角度等は厳しく数値規定する必要はないものである。要求される項目としては、第2下部磁極層の平坦部面積が接続される磁極柱断面積と同等か大きいことである。また、磁極柱が接続、形成される第2下部磁極層面には充填絶縁材がないことである。これらは、磁気抵抗を下げる上で重要な点である。

【0029】ギャップ層35は非磁性で好ましくは電気抵抗 $10^3 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ の絶縁材料で構成される。材料としては下部磁極34の削られた個所を充填した充填絶縁材52と同じように、アルミニウム、シリコン等の酸化物、炭化物、窒化物等を使用することができる。ギャップ層35はスパッターで形成するため、第2下部磁性層33の斜面近傍に充填絶縁材52が僅か盛り上がった形状を忠実に反映するので、見かけ上のギャップエイベックス37ができる。しかしこの盛り上がり $h_3$ の高さは非常に低いため、実効的なギャップエイベックスは、図2に示すa点である。磁極部38のギャップ深さ方向の寸法は、当然のことながらギャップ深さより大きいことが必要である。また、見かけ上のギャップエイベックス37は磁極部38のギャップ深さ方向の寸法中心より、ABS面側に位置するものである。図1では、ギャップ層35は磁極柱41よりABS面側のみ形成されているが、充填絶縁材52と後部最下層絶縁材4

0の中間にも形成して良いものである。

【0030】磁極部38と磁極柱41をヨーク部50で接続することで、磁極部、ヨーク、磁極柱、下部磁極と磁気回路が形成される。磁極部38においてヨーク部50はABS面から引っ込んだ位置に配置される。これはヨークによる寄生イレーズと言われる現象を低減するためである。磁極柱部41においてヨーク部50の終端は、磁極柱上で終わっており、ヨーク部50と磁極柱41の接続部の面積は略同じで、ヨーク部50に囲まれていない後部上層絶縁材48を含む後部上層コイル46にはヨーク部50がかからないことが好ましい。図7～10では後部上層絶縁材48にヨーク部50の終端部がかかっていることがわかる。高周波記録を実現するためには、磁気ヘッドのインダクタンスを下げる必要がある。その一方策としては磁気回路を構成する磁性材料のボリュームを減らすことがある。ヨーク部50の終端を磁極柱41上で終わらせることで磁性材料のボリュームを減らすことができる。

【0031】磁極部38を形成するためのフォトレジストの露光において、磁極部幅(トラック幅)が $0.4\mu\text{m}$ 以下になるとステッパー等の縮小露光機を使用しても光の回折等で、精度が悪くなってしまう事が発明者の実験で実証された。磁極部幅形成フォトレジストにマスク用フォトレジストを形成した多層フォトレジスト方式を用いることで $0.4\mu\text{m}$ 以下の磁極部幅形成フォトレジストを得るものである。エレクトロンビーム(EB)機を用いマスク用フォトレジストを直接露光し磁極部幅を形成したのち、マスク用フォトレジストを型として、磁極部幅形成フォトレジストをプラズマを用いたドライエッチングでエッチングを行い $0.4\mu\text{m}$ 以下のフォトレジストパターンを形成する $0.4\mu\text{m}$ 以下のトラック幅を精度良く形成するには、マスク用フォトレジストをエレクトロンビーム(EB)機を用いて直接露光し、磁極部幅形成フォトレジストをプラズマを用いたドライエッチングでエッチングすることで、 $0.2\mu\text{m}$ まで精度良く形成できることが確認された。 $0.4\mu\text{m}$ 以下であれば $0.7\mu\text{m}$ 以下の磁極部形成にはEB機でマスク用フォトレジストを直接露光し、磁極部幅形成フォトレジストをプラズマを用いたドライエッチングで形成することが良い。

【0032】本発明の磁気ヘッドは、またギャップ層を挟んで対峙させて磁気回路を構成する下部磁極と上部磁極を備えた記録再生分離型磁気ヘッドであって、最下層コイルの上部面とコイル層間の非磁性絶縁材の上部面、磁極部の上部面、磁極柱の上部面は略同一面である記録再生分離型磁気ヘッドである。

【0033】磁極部38と磁極柱41を取り囲むように前部最下層絶縁材39および後部最下層絶縁材10を形成し、プラズマを用いたドライエッチング装置例えば、リアクティブイオンエッチング(RIE)やインダクテ



イブリイカップドプラズマ(ICP)等を用いて、前記絶縁材に前部と後部最下層コイル42、43が形成される溝を形成し、同溝に電気めっきもしくはスパッターで非磁性金属を充填したのち、ケミカルメカニカルラップ(CMP)により、前部と後部最下層コイル42、43の上面と前部と後部最下層絶縁材39、40の上面、磁極部38の上面、磁極柱41の上面をほぼ同一面に形成することができる。

【0034】CMPを用いて、前部と後部最下層コイル42、43の上面と前部と後部最下層絶縁材39、40の上面、磁極部38の上面、磁極柱41の上面をほぼ同一面に形成することは次の利点がある。磁極部、磁極柱はNiFe系、NiFeCo系の金属材料、コイルは銅、アルミニウム、金、銀等電気抵抗の小さな金属材料、前部と後部最下層絶縁材はアルミナのようなセラミックであり、各々硬さや削れやすさが異なるため、単に砥粒を分散液で溶いたラップ液を用いるのではなく、ラップ液の酸塩基濃度(PH)も制御しないと、凹凸が発生し上層コイルを形成するときその凹凸を引きずってしまうためである。前部と後部最下層絶縁材39、40に形成される溝は充填絶縁材52まで形成してもよいものである。下部磁極層34に溝が達することは絶縁がとれなくなるため問題であることは言うまでもない。

【0035】前部と後部最下層絶縁材39、40に溝を掘って前部と後部下層コイル42、43を形成する方法としては、電気めっきとスパッター、ケミカルベーパーデポジション(CVD)等が考えられる。電気抵抗の低い材料としては、銅、アルミニウム、金、銀等がある。アルミニウム以外は電気めっき、スパッターで形成できるが、アルミニウムは電気めっきできないためスパッターや真空蒸着を用いるしかない。いずれの場合でも、溝の中だけでなく溝を構成する前部と後部最下層絶縁材39、40の上面にこれらの金属が形成されても、またコイルが隣同士短絡した状態になっても構わないものである。これら前部と後部最下層絶縁材39、40の上面に付いた金属やコイルが隣同士短絡した部分は、CMPラップにより除去できるためである。

【0036】コイルパターンをフォトレジストで形成、電気めっきでコイルを形成、コイルパターンのフォトレジストの除去、めっきシード膜の除去、コイル層間絶縁材の充填を行う従来の方法では、コイル断面寸法で1.3 $\mu$ m高さ、0.8 $\mu$ m幅、コイル層間0.4 $\mu$ m程度の高密度コイルは次の理由で製造が難しいものである。第一の理由は、0.4 $\mu$ m幅で、1.3 $\mu$ m以上のフォトレジストパターンを形成することが難しい。第二は、0.4 $\mu$ m幅で1.3 $\mu$ m深さの底にあるめっきシード膜をイオンミリング、ケミカルエッチングで除去することが難しい。第三は、0.4 $\mu$ m幅で1.3 $\mu$ m深さの溝にフォトレジストを充填することが難しいためであ

る。本発明のコイル形成であれば、前記寸法の様な高密度コイルも実現できる。

【0037】前部と後部最下層絶縁材39、40の溝形成は、好ましくはプラズマを用いたドライエッチングで形成する。また、前部と後部最下層絶縁材39、40はアルミナであることが好ましい。プラズマを用いたドライエッチング以外では、イオンミリングやケミカルウェットエッチングがあるがいずれも垂直に近い溝を形成できないと言う問題がある。アルミナの前部と後部最下層絶縁材39、40の溝形成にプラズマを用いたドライエッチングでは、エッチングガスにボロンクロライド(BCl<sub>3</sub>)と塩素ガス(Cl<sub>2</sub>)等の混合気体を用いることで、ほぼ垂直な溝を形成することができるものである。最下層絶縁材にアルミナを用いることで、従来のフォトレジストに比べ熱伝導率が高いので、コイルからの発熱を効率良く外部に逃がすことができる。

【0038】本発明の磁気ヘッドは、前部と後部最下層コイル42、43は、前部と後部最下層コイルの上面が前部と後部最下層絶縁材39、40と略同一面であるため、そのまま前部と後部上層コイル45、46を形成すると上下コイル層間の短絡を起こすため、前部と後部最下層コイル45、46の上面部を絶縁する必要がある。後部最下層コイル43の磁極柱41に最も近い部分は上下コイルを接続する部分であるのでこの部分は上下コイル絶縁材44を付加しないものである。上下コイル絶縁材44は非磁性絶縁材であれば、フォトレジストをベークしたものでもアルミナのようなセラミックでも良いが、熱伝導率が高いアルミナを用いることが好ましいものである。

【0039】上層コイルはフォトレジストをコイル形状にパターンニングして電気めっきでコイルを形成することが好ましいものである。前部と後部最下層コイル42、43の様な形成方法をとらないのは、次の理由による。第一の理由は、略逆U字型のヨーク部50の形状を容易に形成できると言うことである。特に磁極部38、磁極柱41との接続部からコイル上の平坦部の間にはなだらかな曲面で形成されていることが、ヨーク部50の磁区を制御する上で重要である。このなだらかな曲面は、フォトレジストをベークする時にフォトレジストが軟化し自然に形成される面を使うことが最も簡単な方法である。第二の理由は、後部上層コイル46の上面は後部上層絶縁材48の上面より上にあり保護膜51と直接接することが、放熱の面で有利であるからである。第三の理由は、前部上層コイルの上面は前部キャップ絶縁材49で覆いヨーク部50との絶縁を確保する必要があり、前部と後部上層コイル45、46の上面で接する材料が異なるためである。

【0040】前部と後部上層コイル45、46は、非磁性金属を電気めっきで形成したのち、フォトレジストを除去し、電気めっき用シード膜をイオンミリング、ケミ

カルエッチング等を用いて除去する。上層コイルは最下層コイルに比べコイル巻数が少ないため、コイルピッチを大きくすることが可能であるため、従来方法をとることができるものである。前部と後部上層絶縁材47、48はフォトレジストを充填することで形成することができる。しかし、前部と後部上層コイル45、46の上面にもフォトレジストが付着するので、ベーク後プラズマアッシャーや、RIE、イオンミリング等を用いて、少なくとも前部と後部上層コイル45、46上面が前部と後部上層絶縁材47、48上面と同一面かもしくは飛び出る様にするのが良い。

【0041】前部上層コイル45は、ヨーク部50との絶縁を確保するため前部ギャップ絶縁材49をフォトレジストをベーク硬化することで形成する。

【0042】前述した、前部と後部上層コイル45、46の上面のフォトレジスト除去は、前部ギャップ絶縁材49、ヨーク部50の形成後に行っても良い。ヨーク部50形成後にプラズマアッシャーやRIE、イオンミリング等を用いて、ヨーク部50に覆われていない個所の前部上層コイル45と後部上層コイル46上面が、前部と後部上層絶縁材47、48上面と同一面かもしくは飛び出る様にし、素子全体をカバーする保護膜51と直接接触することでより高い放熱効果が得られる。

【0043】後部上層コイル46は、前部上層コイル45に比べコイルピッチを大きく取れる設計とすることができるので、後部上層絶縁材48をなくし、保護膜51で充填することも可能である。後部上層絶縁材48をなくし保護膜51を充填することで放熱性はより向上するものである。

【0044】さらに別の本発明の磁気ヘッドは、磁極部および磁極柱と対向する部分を除いて下部磁極の第2下部磁極層が除去されている磁気ヘッドである。

【0045】好ましくは、磁極部38幅（トラック幅）と対向する下部磁極の第2下部磁極層33の幅が同一であるトラックトリミングがなされている。

【0046】トラックトリミングは、磁極部周辺のみ開口したフォトレジストと磁極部をマスクとして、プラズマを用いたドライエッチングを用いて第2下部磁極層33をエッチング行い、磁極部幅と同一幅の第2下部磁極層を形成する。従来は、トラックトリミングにイオンミリングを用いていたが、再付着を防止するためイオンを磁極部38の側面からも当てていたため、磁極部側面も削られてしまい側面がうねったような形状となることが多かった。プラズマを用いたドライエッチングは、エッチングガスにボロンクロライド（ $\text{BCl}_3$ ）と塩素ガス（ $\text{Cl}_2$ ）等の混合気体を用いることで、ほぼ垂直な溝を形成することができる。磁性金属からなる磁極部38、アルミナからなるギャップ層35、磁性金属からなる第2下部磁極層33をエッチングガスの種類を代えずに、圧力やパワー等を変えるだけでトラックトリミング

できるので、作業効率も高いものである。磁極部幅をトラックトリミング後の寸法より大きく形成しておき、プラズマを用いたドライエッチングでのトラックトリミング時に、磁極部（電気めっき用のシード膜を含む）およびギャップ層、第2磁極層を加工し、磁極部幅と第2下部磁極層の幅を所定のトラック幅に形成することもできる。

【0047】好ましくは、トラックトリミングをプラズマを用いたドライエッチングで形成し、イオンミリングを使用しない。イオンミリングを使用してトラックトリミングを行うと、図11a)に示すように、トラック付根部の下部磁極34厚み $t_1$ に対し下部磁極34端部の厚み $t_2$ は、20～50%となり下部磁極端部が非常に薄くなっている。プラズマを用いたドライエッチングで下部磁極34の除去部を形成することで、図11b)に示すように、 $t_2$ を $t_1$ に対し90%以上にすることができる。

【0048】磁極部周辺のみ開口したフォトレジストの開口部寸法を変更することで図11c)に示すように、下部磁極34の両端部をトラックトリミング前の寸法とした略山形状とすることも可能である。また、図11d)に示すように、下部磁極34に狭い幅の溝を入れた形状とすることも可能である。

【0049】上記した発明の形態において、磁気記録装置仕様である磁極部幅、記録周波数によって一つ以上の発明を組み合わせるにより、高記録密度、高転送速度の磁気ヘッドを得ることができる。

【0050】また、本発明の形態において、磁気記録面を浮上面として、磁気ヘッドを備えたスライダを含む磁気記録装置を構成することができる。本発明による磁気ヘッドを備えたスライダを用いた磁気記録装置によれば、磁気ヘッドの磁極部幅（トラック幅）を狭めることができるため、高密度記録を行うことができる。また、磁気回路の小型化ができるためインダクタンスを下げるができるため、高周波記録が可能になり、高転送速度の磁気記録装置を得ることができる。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、本発明の磁気ヘッドの一実施の形態を図3～5の製造工程における断面図を参照しながら詳細に説明する。また、各図において、再生ヘッド部を省略し記録ヘッド部のみを示している。また、判り易くするため、符号はできる限り図1、2と同一のものを使用している。

【0052】図3-a)から図3-h)は、下部磁極とギャップエイベックスの製造工程、図4-a)から図4-h)は、磁極部および磁極柱、最下層コイルの製造工程、図5-a)から図5-h)は、上層コイルおよびヨーク、保護膜の製造工程を示している。

【0053】図3-a)に下部磁極34の形成方法を示す。第1下部磁極層32および第2下部磁極層33はス



パッター装置を用い、同一の装置内で製膜を行った。第1下部磁極層32はNiFe系(Ni40~60wt%、Fe60~40wt%の組成)合金とし、第2下部磁極層33はNiFeCo合金(Ni10~50wt%、Fe15~40wt%、Co25~80wt%の組成)とした。第1下部磁極層32の飽和磁束密度は1.55(T)、電気抵抗は55( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )、第2下部磁極層33の飽和磁束密度は1.8(T)、電気抵抗は28( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )であった。本実施例では、スパッター装置を用いて製膜したが電気めっきを用いることも可能である。

【0054】図3では、省略しているが下部磁極層34のABS面と反対側に下部磁極層34の段差を解消するため放熱用非磁性金属31を形成している(図1参照)。この放熱用非磁性金属31は段差解消だけでなくコイルや磁気回路から発生する熱を放散する効果も備えるものである。

【0055】次に、茸型フォトレジスト53を磁極部38と磁極柱41が接続される部分に形成した(図3-b)。第2下部磁極層33が除去されるまでイオンミリング装置を用い、イオンミリング加工を行った(図3-c)。少なくとも第2下部磁極層33は除去されていることが必要であり、第1下部磁極層32の一部が削られても良いものである。磁気ヘッドが形成される基板1を回転させ、またイオン入射方向に対し基板を傾けることで、第2下部磁極層33の端部は垂直に形成されず傾斜を有する形状となる。この傾斜角は茸型のフォトレジスト53寸法と基板回転角度で制御できるもので、本実施例では角度 $\theta_1$ は45度になるようにした。

【0056】茸型フォトレジスト53を残したまま、アルミナの充填絶縁材52をスパッターした(図3-d)。充填絶縁材52は茸型フォトレジスト53の上面および第2下部磁極層33の凹んだ部分だけでなく、茸型フォトレジスト53の笠の下にも回り込み製膜される。しかし、茸型フォトレジスト53の茎の付根部まで製膜されないことが重要である。茸型フォトレジスト53を第2下部磁極層33の除去、充填絶縁材52の製膜と共通に使用することで第2下部磁極層33の斜面部と充填絶縁材52の端部盛り上がり部の位置が自己アライメントされ、精度良くギャップエイベックス36が形成できる。充填絶縁材52の盛り上がり角度 $\theta_2$ は5度とした。

【0057】茸型フォトレジスト53を有機溶剤等で除去する(図3-e)。茸型フォトレジスト53の上面に製膜された充填絶縁材52も同時に除去することができる。

【0058】磁極柱38が形成される部分にフォトレジスト54を形成する(図3-f)。ギャップ層35となるアルミナをスパッターで形成(図3-g)し、フォトレジスト54を有機溶剤等で除去し、下部磁極34に

ギャップ層35が付加された状態となる(図3-h)。ギャップ層35には、非磁性材であるアルミナを用いた。ギャップエイベックスにギャップ層を製膜するため、見掛け上のギャップエイベックス37は、図3-h)に図示したポイントとなる。

【0059】図4-a)に磁極部38および磁極柱41の製造工程を示す。磁極部38および磁極柱41は電気めっきで形成した。めっき膜組成は第2下部磁極層33と同じNiFeCo系磁性合金を使用した。電気めっき用のレジストフレーム形成には、トラック幅0.8 $\mu\text{m}$ の磁極部には、ステッパーの1:5縮小露光機、トラック幅0.35 $\mu\text{m}$ の磁極部用には、エレクトロンビーム(EB)機を用いてマスク用フォトレジストを直接露光し形成した後、磁極部幅形成フォトレジストをRIE装置を用いてドライエッチングを行った。いずれのトラック幅においてもトラック幅ノミナルに対し、製造した磁気ヘッドは全て $\pm 5\%$ 以内に抑えることができた。

【0060】磁極部38を形成したのち、RIE装置を用いトラックトリミングを行った。エッチングガスにはボロンクロライド( $\text{BCl}_3$ )と塩素ガス( $\text{Cl}_2$ )の混合気体等を用い、少なくとも第2下部磁極層33が除去される深さまで、下部磁極を除去した。RIEによるトラックトリミングを行うことにより、図10-a)に示す $t_1$ に対し $t_2$ は95%の厚みとなり、従来のイオンミリングを用いるトラックトリミングに比べ、下部磁極34の厚みの均一性が向上した。

【0061】充填絶縁材52をスパッターし(図4-b)、破線で示した寸法までCMP加工を施し、磁極部38および充填絶縁材52、磁極柱41の上面を同一面とした(図4-c)。図4-c)に示すCMPの工程は充填絶縁材52に形成する溝用のフォトレジスト55のパターニング、コイルの形成ができれば、本工程はスキップすることも可能である。

【0062】磁極部38および充填絶縁材52、磁極柱41の上面にフォトレジスト55を塗布し、前部と後部最下層コイル42、43を形成する溝を形成するためのパターニングを行った(図4-d)。前部と後部最下層絶縁材39、40にはアルミナを用いているので、RIE装置を用いエッチングガスにはボロンクロライド( $\text{BCl}_3$ )と塩素ガス( $\text{Cl}_2$ )の混合気体を用いた。溝の深さは1.5 $\mu\text{m}$ 、幅は0.8 $\mu\text{m}$ 、溝ピッチは1.2 $\mu\text{m}$ とした(図4-e)。RIE加工が終わったのちフォトレジスト55を有機溶剤等を用い除去し、前部と後部最下層絶縁材39、40が櫛歯状に形成された(図4-f)。

【0063】前部と後部最下層コイル42、43となる非磁性金属を前記溝に充填する方法として、電気めっきとスパッターがある。コイルの高さが1 $\mu\text{m}$ を超える場合は、電気めっきが製膜速度の点から有利である。本実施例では銅の電気めっきをおこなった。溝の底部分と通

電用のパターンの中に、電気めっき用シード膜を付けば良い訳であるが、工程を簡略化するため全面にシード膜を形成した。そのため前部と後部最下層絶縁材39、40および磁極部38、磁極柱41上面にも銅56が電気めっきされることとなった。スパッターを用いても同様になることは容易に判る。図4-g)の破線で示した部分までCMP加工を施し、磁極部および前部と後部最下層絶縁材、前部と後部最下層コイル、磁極柱の上面を同一面に形成した(図4-h))。0.2 $\mu$ m程オーバーポリッシングを行い、コイル高さ1.3 $\mu$ m、幅0.8 $\mu$ mのコイルを得た。なお、このコイル断面寸法は前部最下層コイル42であり、後部最下層コイル43の幅およびピッチは大きく設計した。

【0064】前部と後部最下層コイル42、43の上面が表面に出ているためこのまま前部と後部上層コイル45、46を形成することは出来ないで、上下コイル絶縁材44を図5-a)に示すように上下のコイルを接続する箇所を除き形成した。上下コイル絶縁材44は非磁性絶縁材であれば良い。上下コイル絶縁材の端部形状をなだらかな曲面を形成し易いフォトレジストを用いた。フォトレジストをバナーニングしたのち230℃でベークし硬化させた。上下コイル絶縁材44の端部をなだらかな曲面とする必要が無い場合は、熱伝導の良いアルミナを使用することが好ましいものである。

【0065】前部と後部上層コイル45、46は、従来より用いられているフォトレジスト57でコイルパターンを形成し、銅を電気めっきで形成する方法を採用した(図5-b~d))。

【0066】前部と後部上層コイル45、46にフォトレジストを充填し、230℃でベークし前部と後部上層絶縁材47、48を形成した(図5-e))。この前部と後部上層絶縁材47、48はコイル間の隙間全てを覆うのではなくコイル高さの2/3程度にするものである。しかしコイルの上面にもフォトレジストは付着するため、プラズマアッシャーを用いてコイル上面に付着したフォトレジストを除去した。本実施例では、後部上層コイル46にも後部上層絶縁材48を付加したが後部上層コイルピッチが大きくて、保護膜51のアルミナが後部上層コイル46を完全に充填できれば後部上層絶縁材48を設ける必要はない。後部上層絶縁材48をコイル高さの2/3程度形成するのは、保護膜51のアルミナが後部上層コイル46を完全に充填できない恐れがある場合に限って良いものである。

【0067】前部上層コイル45の上面が出ているため、この状態でヨーク部50を形成できないため前部ギャップ絶縁材49を形成する。前部ギャップ絶縁材49はフォトレジストを230℃でベーク硬化した(図5-f))。

【0068】ヨーク部50は、フォトレジストでヨークパターンを形成し、磁性材を電気めっきで形成する方法

を採用した。本実施例ではヨーク部50を形成する材料に第1下部磁極層32と同じNiFe系合金を用いた(図5-g))ヨーク部50を形成することで、磁極部38およびヨーク部50、磁極柱41、下部磁極34が接続され磁気回路は形成される。

【0069】ヨーク部50を形成後、図面では省略しているが外部との電氣的接続するための引き出し端子等を形成し、保護膜51を全面にスパッターを用い形成する(図5-h))。

【0070】以上説明したように、図3-a)から図5-h)の工程で本発明の、下部磁極が2層の磁性材で構成され下部磁極の凸部でギャップエイベックスを形成し、磁極部幅(トラック幅)と同一幅に第2下部磁極層が形成され、磁極部および最下層コイル、磁極柱が同一面に形成され、後部上層コイルの少なくとも上面は保護膜と直接接する記録ヘッド部が形成される。

【0071】本発明の磁気ヘッドの他の実施の形態を図4を用いて説明する。図4-c)の磁極部38と前部最下層絶縁材39、磁極柱41、後部最下層絶縁材40の表面にCMP加工の終点を決めるストッパー層を形成するものである。説明に図4を用いているので、ストッパー層は図示していない。金属で0.1 $\mu$ m程度の厚みを有する膜を形成する事でストッパー層としての役目を達成できる。ストッパー層に用いる金属としてはタンタル(Ta)が好ましい。ストッパー層を付加したのち図4-d)から図4-f)の工程を進める。前述した実施例では、図4-g)の破線で示した部分まで、つまり磁極部38と前部最下層絶縁材39、磁極柱41、後部最下層絶縁材40の一部までオーバーCMP加工を施したが、本実施例ではストッパー層があるため、ストッパー層でCMP加工が終了し、磁極部38と前部最下層絶縁材39、磁極柱41、後部最下層絶縁材40に達するまでCMP加工する事はない。その後、ストッパー層をイオンミリング等で除去することで、図4-h)に示すような形状が得られる。ストッパー層を付加する事でオーバーCMPをする必要がない事と、金属系の磁性材料よりなる磁極部38と磁極柱41のヨーク部50との接合面が、CMP加工時に用いるラップ液に曝されないと言う利点がある。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、狭いトラック幅を備えることができ、ギャップ深さの制御が容易とすることができ、放熱性の高いコイル等を高集積化することができる。

【0073】これによって、記録再生分離型磁気ヘッドを小型化し、高容量化、高転送速度化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の記録再生分離型磁気ヘッドの断面図である。

【図2】本発明のギャップエイベックス形成の説明図である。

【図3】本発明の一実施例の工程図である。

【図4】本発明の一実施例の工程図である。

【図5】本発明の一実施例の工程図である。

【図6】記録再生分離型磁気ヘッドの一構成の概略斜視図である。

【図7】記録再生分離型磁気ヘッドの一構成の断面図である。

【図8】従来の磁気ヘッドの記録部の記録媒体対向面から見た平面図と断面図である。

【図9】従来の磁気ヘッドの記録部の記録媒体対向面から見た平面図と断面図である。

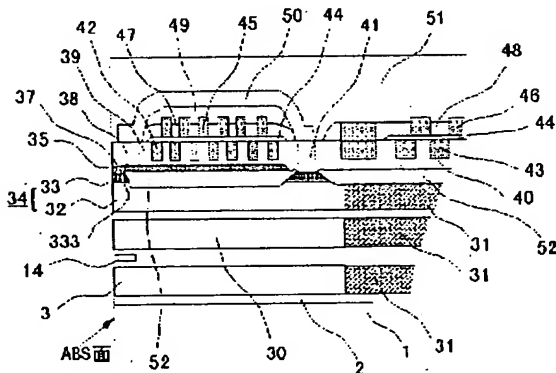
【図10】従来の磁気ヘッドの記録部の記録媒体対向面から見た平面図と断面図である。

【図11】本発明の一実施例の記録部の記録媒体対向面から見た平面図である。

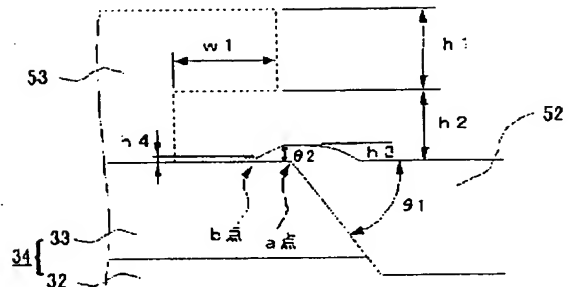
【符号の説明】

1 基板、2 アルミナ、3 下部シールド、12 非磁性材、14 再生素子、15 上部シールド兼下部磁極、16 上部磁極、17 コイル、18 ギャップ層、19 端子、21 上部磁極、22 下部磁極、23 ヨーク、110 記録ヘッド部、210 再生ヘッド部、30 上部シールド、31 放熱用非磁性金属、32 第1下部磁極層、33 第2下部磁極層、34 下部磁極、35 ギャップ層、36 ギャップエイベックス、37 見掛け上のギャップエイベックス、38 磁極部、39 前部最下層絶縁材、40 後部最下層絶縁材、41 磁極柱、42 前部最下層コイル、43 後部最下層コイル、44 上部コイル絶縁層、45 前部上層コイル、46 後部上層コイル、47 前部上層絶縁材、48 後部上層絶縁材、49 前部キャップ絶縁材、50 ヨーク部、51 保護膜、52 充填絶縁材、53 茸型フォトレジスト、54 55 フォトレジスト、56 銅、57 フォトレジスト、333 ギャップ深さ規定用凸部

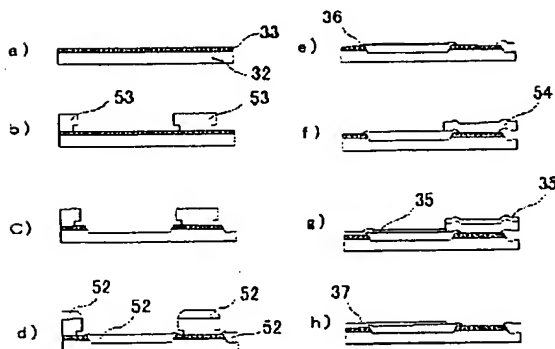
【図1】



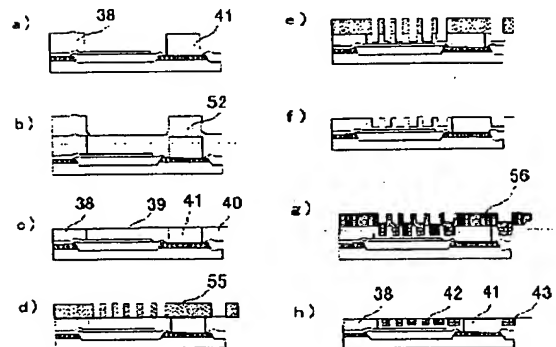
【図2】



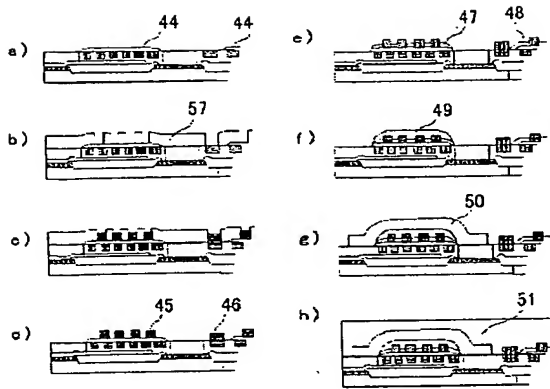
【図3】



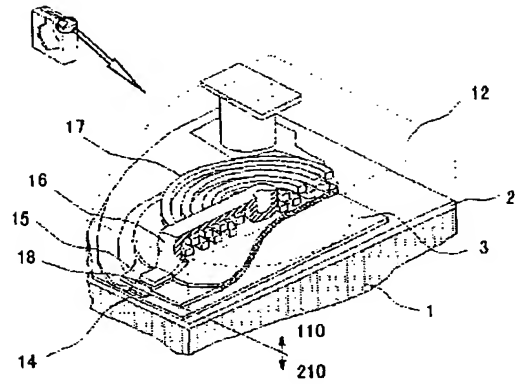
【図4】



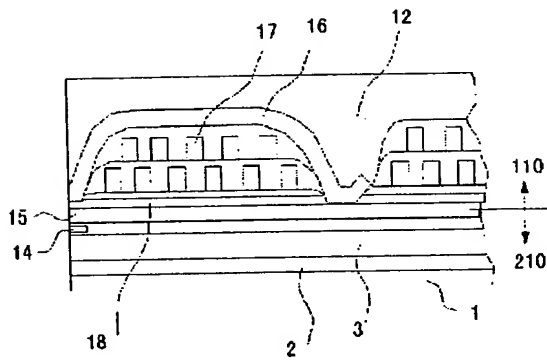
【図5】



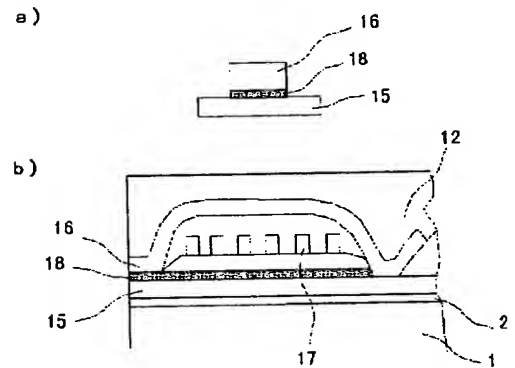
【図6】



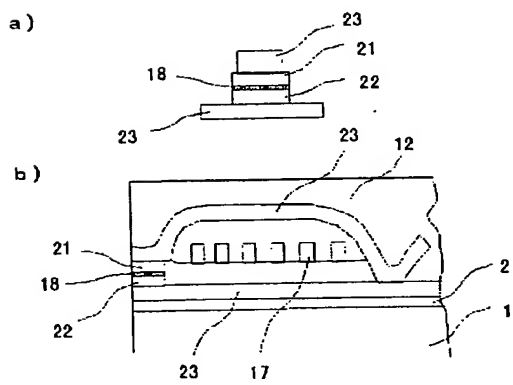
【図7】



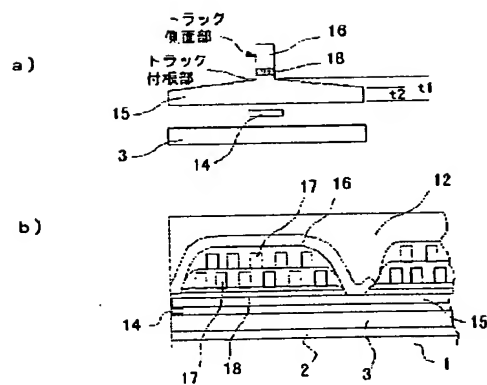
【図8】



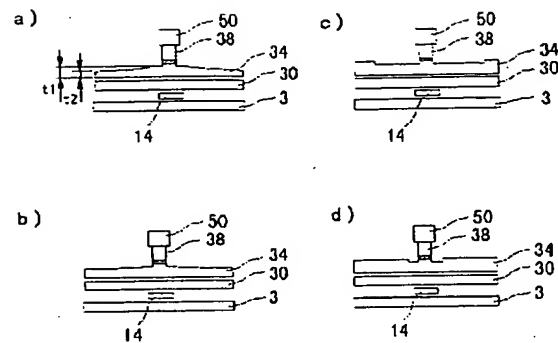
【図9】



【図10】



【図11】




---

フロントページの続き

(72)発明者 原田 仁  
 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
 会社電子部品工場内  
 (72)発明者 目黒 伶  
 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
 会社電子部品工場内  
 (72)発明者 藤井 重男  
 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
 会社電子部品工場

(72)発明者 秦野 弘之  
 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
 会社電子部品工場内  
 (72)発明者 武藤 賢二  
 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
 会社電子部品工場内  
 (72)発明者 伊福 俊博  
 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式  
 会社電子部品工場内

Fターム(参考) 5D033 BA08 BA12 BA36 BB43 CA05  
 CA07 DA03 DA04 DA08  
 5D034 BB12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**